

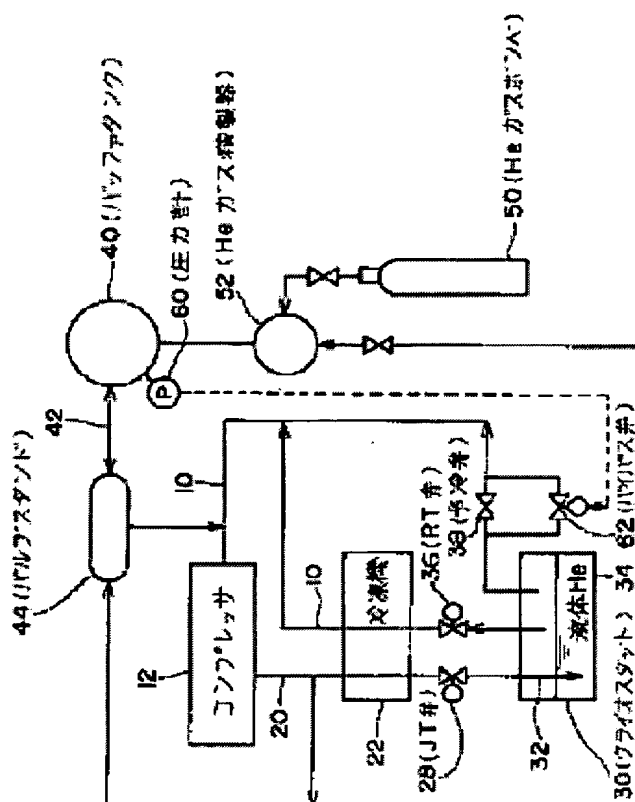
METHOD AND APPARATUS FOR CONTROLLING HELIUM LIQUEFYING DEVICE

Patent number: JP2000274852
Publication date: 2000-10-06
Inventor: MATSUBARA YUJI
Applicant: SUMITOMO HEAVY IND LTD
Classification:
 - international: F25B9/02
 - european:
Application number: JP19990083006 19990326
Priority number(s):

Abstract of JP2000274852

PROBLEM TO BE SOLVED: To raise a pressure of a low-pressure line and to prevent stopping of a compressor due to a drop of a pressure of a buffer tank by providing a bypass valve for detouring a helium gas in a cryostat through a precooling valve to return the gas to the compressor when a pressure of the tank is lowered.

SOLUTION: A helium gas pressurized by a compressor 12 is cooled and liquefied by a refrigerator 22, the gas is misted by means of a Joule-Thomson valve 28, and supplied to a cryostat 30 for cooling a material to be cooled. The gas warmed in the cryostat 30 is returned to the refrigerator 22 through a return valve 36. In this case, a bypass valve 62 for detouring a part of the gas through a precooling valve 36 to the compressor when a pressure of a buffer tank 40 provided to store the excess helium gas is lowered is provided. Thus, capability of the refrigerator 22 is lowered, and a pressure of a low pressure line 10 is raised, thereby preventing lowering of the compressor 12.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(11)特許出願公開番号

特開2000-274852

(P2000-274852A)

(43)公開日 平成12年10月6日(2000.10.6)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

FI

テーマコード* (参考)

F 2 5 B 9/02

F 2 5 B 9/02

J

C

審査請求 有 請求項の数 2 OL (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平11-83006

(22)出願日 平成11年3月26日(1999.3.26)

(71)出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目9番11号

(72)発明者 松原 雄二

東京都田無市谷戸町二丁目1番1号 住友
重機械工業株式会社田無製造所内

(74) 代理人 100080458

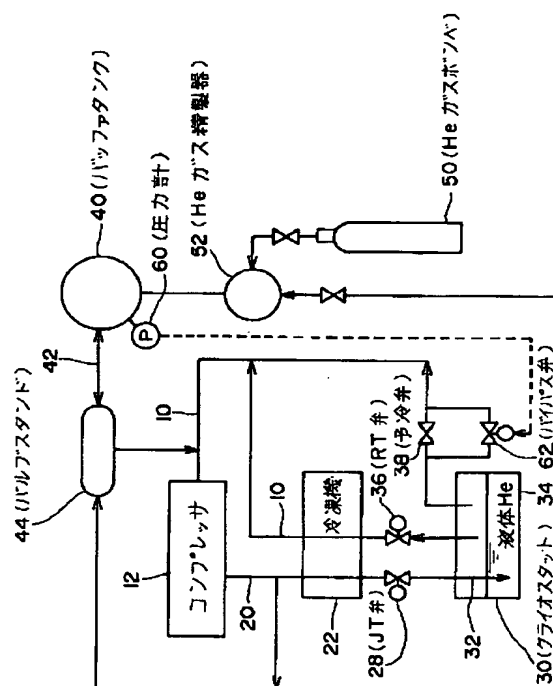
弁理士 高矢 諭 (外2名)

(54) 【発明の名称】 ヘリウム液化装置の制御方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 バッファタンクの容量を大きくしたり、圧力を高くすることなく、バッファタンク圧力低下によるコンプレッサの停止を防止する。

【解決手段】 バッファタンク４０の圧力が低下した時に、予冷弁３８をバイパスしてクライオスタート３０内のヘリウムガスを、リターン弁３６及び冷凍機２２を介することなく、コンプレッサ１２に直接戻すためのバイパス弁６２を設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 低圧のヘリウムガスを加圧するためのコンプレッサと、

該コンプレッサにより加圧されたヘリウムガスを液体ヘリウム温度まで冷却するための冷凍機と、

該冷凍機により冷却されたヘリウムガスをミスト化して、被冷却物を冷却するためのクライオスタットに供給するジュール・トムソン弁と、

前記クライオスタットに貯液され、被冷却物との熱交換によって暖められたヘリウムガスを再び前記冷凍機に戻すためのリターン弁と、

予冷時に該リターン弁及び冷凍機をバイパスして、ヘリウムガスを前記コンプレッサに戻すための、予冷終了後は閉じられる予冷弁と、

液化により減少したヘリウムガスを補給し、過剰となったヘリウムガスを回収するためのバッファタンクとを備えたヘリウム液化装置において、

該バッファタンクの圧力が低下した時は、前記クライオスタット内のヘリウムガスの一部を、前記リターン弁及び冷凍機を介することなく、前記コンプレッサに直接戻すことを特徴とするヘリウム液化装置の制御方法。

【請求項 2】 低圧のヘリウムガスを加圧するためのコンプレッサと、

該コンプレッサにより加圧されたヘリウムガスを液体ヘリウム温度まで冷却するための冷凍機と、

該冷凍機により冷却されたヘリウムガスをミスト化して、被冷却物を冷却するためのクライオスタットに供給するジュール・トムソン弁と、

前記クライオスタットに貯液され、被冷却物との熱交換によって暖められたヘリウムガスを再び前記冷凍機に戻すためのリターン弁と、

予冷時に該リターン弁及び冷凍機をバイパスして、ヘリウムガスを前記コンプレッサに戻すための、予冷終了後は閉じられる予冷弁と、

液化により減少したヘリウムガスを補給し、過剰となったヘリウムガスを回収するためのバッファタンクとを備えたヘリウム液化装置において、

該バッファタンクの圧力が低下した時に、前記予冷弁をバイパスして前記クライオスタット内のヘリウムガスを前記コンプレッサに戻すためのバイパス弁を設けたことを特徴とするヘリウム液化装置の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ヘリウム液化装置の制御方法及び装置に係り、特に、冷凍機を用いたヘリウム液化装置全般に用いるのに好適な、ヘリウム液化装置を用いた極低温機器の安全を確保することが可能な、ヘリウム液化装置の制御方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 ヘリウムの液化温度である 4.2 K 以下

の温度を必要とする低温システムには、再凝縮タイプと、ヘリウム液化サイクルを保持するタイプとがある。

【0003】 前者は、業者等から購入した液体ヘリウムを機器に挿入して冷却し、蒸発していく液体ヘリウムを、内蔵した小型冷凍機で再凝縮して、機器に対する液体ヘリウムのレベルを維持するものであり、MRI 等の医療診断機器等の小型システムに用いられている。

【0004】 一方後者は、小、中、大型のプラントタイプであり、自ら液体ヘリウムを作り出す液化装置を備えている。この液化装置においては、ヘリウムが相変化をして、容積が変化するという問題を有する。即ち、システムを構成する配管は、全て金属製であり、全内容積は、いかなる場合においても、ほぼ一定である。又、システム構成上、圧力も一定である。一方ヘリウムは、ガスの状態ではボイル・シャルルの法則に従って、圧力、温度、体積が変化するため、温度変化に応じて、その体積を変えていく。更に、気相から液相に変化する時、その体積は 1/700 に小さくなる。一方、システムは圧力を維持しなければならないため、システム外部からヘリウムガスを絶えず供給していかなければならない。これらの作業には、人手が必要となり、自動化できないと、昼夜突貫の作業を強いられることが多い。

【0005】 図 1 に、従来のヘリウム液化装置の一例の全体構成を示す。このヘリウム液化装置には、低圧ライン 10 を介して供給される低圧のヘリウムガスを加圧するためのコンプレッサ 12 と、該コンプレッサ 12 により加圧され、高圧ライン 20 を介して供給される高圧のヘリウムガスを、液体ヘリウム温度まで冷却するための冷凍機 22 と、該冷凍機 22 により冷却されたヘリウムをミスト化して、被冷却物（例えば図 3 に示す超伝導磁石 35）が内蔵されたクライオスタット 30 の下部に注液管 32 から供給するジュール・トムソン弁（JT 弁と称する）28 と、前記クライオスタット 30 の貯液部 34 に貯液され、被冷却物との熱交換によって暖められたヘリウムガスを、再び前記冷凍機 22 に戻すためのリターン弁（RT 弁と称する）36 と、予冷時に該 RT 弁 36 及び冷凍機 22 をバイパスして、ヘリウムガスを低圧ライン 10 により前記コンプレッサ 12 に直接戻すための、予冷終了後は閉じられる予冷弁 38 と、バルブスタンド 44 に接続された中圧ライン 42 を介して、該バルブスタンド 44 の作用により、液化により減少したヘリウムガスを補給し、過剰となったヘリウムガスを回収するためのバッファタンク（中圧タンクとも称する）40 と、前記コンプレッサ 12 出側の高圧ライン 20 やヘリウムガスボンベ 50 から供給されるヘリウムガスを精製して、前記バッファタンク 40 に供給するためのヘリウムガス精製器 52 とを主に備えている。

【0006】 前記冷凍機 22 は、例えば図 2 に詳細に示す如く、カスケード接続された、互いに温度が異なる複数（図では 3 台）の熱交換器 24a、24b、24c

と、それらの間に設けられたタービン26a、26bから主に構成されている。

【0007】前記クライオスタット30の入口には、図3に詳細に示す如く、低温ガスを熱交換なくクライオスタット30に導くためのトランスファチューブ31や、該トランスファチューブ31をクライオスタット30から引き抜いた時に外気から仕切るための仕切弁33が設けられている。

【0008】前記予冷弁34は、例えば、互いに並列接続された、手動の仕切弁、及び、圧力が所定値、例えば $0.3\text{ kgf/cm}^2\text{G}$ を超えた時に開かれる背圧調整弁により構成されている。

【0009】又、前記バルブスタンド44は、低压ライン10の圧力が所定値、例えば $0.1\text{ kgf/cm}^2\text{G}$ になるように調整するための圧力調整弁と、ヘリウムガスの液化により低压ライン10の圧力が低下した時に、バッファタンク40から中圧ライン42を介して供給されるヘリウムガスを低压ライン10に補給するための開閉弁と、逆に負荷によりクライオスタット30内の液体ヘリウムが過剰に蒸発して低压ライン10の圧力が上昇した時に、過剰なガスを中圧ライン42を介してバッファタンク40に戻すための開閉弁とを含んで構成されている。

【0010】更に、図示は省略したが、前記コンプレッサ12の出側には、ヘリウムガスを圧縮する時に用いる油を除去するための油分離器（ORSと称する）も設けられている。

【0011】このようなヘリウム液化装置をメンテナンス作業等により長期間停止した場合、超伝導磁石35の温度は室温近くまで上昇するので、まず、約15K程度まで予備冷却（予冷と称する）する。この予冷過程では、超伝導磁石を構成する様々な有機物からの放出ガスで冷凍機22が汚れ、液体ヘリウムをクライオスタット30へ貯液するだけの冷凍能力は得られない。従って液体ヘリウムを被冷却物が収容されたクライオスタット30の貯液部34に貯液して、被冷却物を冷やす際には、まず、高压ライン20にあるコンプレッサ12により低压ライン10内のヘリウムガスを圧縮し、例えば $8.2\text{ kgf/cm}^2\text{G}$ まで加圧する。加圧されたヘリウムガスは、図2に示したような冷凍機22内を通過しながら、多段式の熱交換器26a～26cによる熱交換過程を経て、徐々に冷却されていく。最後に、JT弁28を通過することで、霧吹きのように温度4.4Kの極低温の液体ヘリウムが生成される。JT弁28から放出されたミスト状の液体ヘリウムは、トランスファチューブ31及び注液管32を通して、被冷却物（超伝導磁石35）が収められたクライオスタット30に導かれる。注液管32によりクライオスタット30の下部まで導かれて放出された液体ヘリウムは、被冷却物と熱交換しながら、被冷却物を徐々に冷却していく。具体的には、例え

ば超伝導磁石35の下コイルを冷却し、クライオスタットの連結部30Cを通して、超伝導磁石35の上コイルを冷却していく。このとき、被冷却物との熱交換によって暖められたヘリウムガスは、予冷弁38を通して、再び低压ライン10に戻り、コンプレッサ12により再び圧縮され、冷凍機22に導かれる。この状態では、コンプレッサ12から負荷側へ送り出されるヘリウム流量の例えば80%が予冷弁38を流れ、残り20%がRT弁36を流れるようにされる。

【0012】このような過程を長時間（例えば10日位）繰返して、系全体が液体ヘリウム温度近くになると、超伝導磁石35と熱交換器24cの温度差が小さくなる。従って、予冷弁38を閉じ、RT弁36を最大に開いても、熱交換器24cの温度が上昇することはない、被冷却物への貯液が可能になる（貯液できる状態までの冷却を予冷と称する）。

【0013】予冷が終了し、系全体が液体ヘリウム温度近くになって、被冷却物への貯液が可能になると、予冷弁38を手動により徐々に閉じて、RT弁36への戻り流量を増やしていくと、RT弁36を介して供給される低温のヘリウムによって冷凍機22が冷却され、JT弁28へ供給される高压のヘリウムガスが更に冷却されるため、JT弁28を出る直前でのガスの温度の冷却効率が一気に上昇して、JT弁よりミスト状の液体ヘリウムが発生し、液体ヘリウムをクライオスタット30へ貯めていくことになる。この状態では、例えば数%が液として溜まり、残り90%以上がRT弁36を通過して冷凍機22に戻る。

【0014】予冷時及び液化時の予冷弁38及びRT弁36の開閉状態を図4に示す。

【0015】液化が始まると、 0°C 一気圧のヘリウムガスの体積は、4.2K一気圧の液体ヘリウムの体積の約700倍あるため、バッファタンク40のガスが中圧ライン42を介して低压ライン10に供給されていき、バッファタンク40の圧力が減少していく。

【0016】通常、バッファタンク40の圧力が一気圧以下になると、バッファタンクから送り出すガスが無いため、コンプレッサ12を構成するモータ等が破損し易くなるので、コンプレッサの安全確保のため、コンプレッサ12を停止させるインターロックが働く。

【0017】冷凍機22は、温度の異なる熱交換器24a～24cにより構成されているため、一度冷凍機22が停止した後、再起動すると、各熱交換器へ付着していた不純ガスが、一段下の熱交換器へと付着し、液化効率を低下させる。従って、再度定常状態に立ち上げるためには、システムの昇温及びガスのクリーニングといった労力と時間を要することになる。

【0018】装置運転時の被冷却物（例えば超伝導磁石35の上コイル）の温度変化状態の一例を図5に示す。最初の5時間は、別の作業のため、温度が上昇してい

る。再冷却時（５～２８時間）は、ＲＴ弁３６及び予冷弁３８にヘリウム戻りガスが流れている。この状態では、コイルの温度が飽和して、温度が１２度Ｋ以下には下らない。２８時間以降、予冷弁３８を閉めることによって、冷凍機２２の効率が上昇して、温度が４．２度Ｋ付近まで低下している。

【００１９】

【発明が解決しようとする課題】 このように、システムが一旦液体ヘリウムを供給できない状態になると、液化作業が終了するまで冷凍機２２を停止することができない。従って、この間、人間が休みなく監視し、バッファタンク４０へのガス補給作業をしなければならないという問題点を有していた。

【００２０】 このような問題点を改善するべく、バッファタンク４０の容量を大きくすることが考えられるが、システムの見栄えや設置スペースの問題がある。一方、バッファタンク４０の圧力を高めることも考えられるが、１ＭＰａを超えると、高圧ガスの法規制を受け、管理が面倒である等の問題点を有していた。

【００２１】 又、操作ミスや、メンテナンス後の作業にバルブや配管の継ぎ目等の締め忘れがあると、ガスが微量ずつ外部に抜けていくため、知らない間にコンプレッサ１２の停止といったことが発生し得る。通常は、バッファタンク４０の圧力が、ある設定値を下回った場合に警報を出したり、自動ガス供給システム等で、トラブルを補うようにしている。この方法は、比較的大きなシステムには有効であるが、小、中規模のシステムでは、コストがかさむという問題点を有していた。

【００２２】 本発明は、前記従来の問題点を改善するべくなされたもので、バッファタンクの容量を大きくしたり、圧力を高めることなく、且つ、システムの安全を損なうことなく、コンプレッサの停止による効率低下を防止することを課題とする。

【００２３】

【課題を解決するための手段】 本発明は、低圧のヘリウムガスを加圧するためのコンプレッサと、該コンプレッサにより加圧されたヘリウムガスを液体ヘリウム温度まで冷却するための冷凍機と、該冷凍機により軽客されたヘリウムガスをミスト化して、被冷却物を冷却するためのクライオスタットに供給するジュール・トムソン弁と、前記クライオスタットに貯液され、被冷却物との熱交換によって暖められたヘリウムガスを再び前記冷凍機に戻すためのリターン弁と、予冷時に該リターン弁及び冷凍機をバイパスして、ヘリウムガスを前記コンプレッサに戻すための、予冷終了後は閉じられる予冷弁と、液化により減少したヘリウムガスを補給し、過剰となったヘリウムガスを回収するためのバッファタンクとを備えたヘリウム液化装置において、該バッファタンクの圧力が低下した時は、前記クライオスタット内のヘリウムガスの一部を、前記リターン弁及び冷凍機を介することな

く、前記コンプレッサに直接戻すようにして、前記課題を解決したものである。

【００２４】 又、同様のヘリウム液化装置において、前記バッファタンクの圧力が低下した時に、前記予冷弁をバイパスして前記クライオスタット内のヘリウムガスを前記コンプレッサに戻すためのバイパス弁を設けることにより、同じく前記課題を解決したものである。

【００２５】

【発明の実施の形態】 以下図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。

【００２６】 本実施形態は、図１に示した従来と同様のヘリウム液化装置において、図６に示す如く、バッファタンク４０内の圧力を検出する圧力計６０と、該圧力計６０により検出されるバッファタンク４０内の圧力が低下した時に、予冷弁３８をバイパスして、クライオスタット３０内のヘリウムガスを、ＲＴ弁３６及び冷凍機２２を介することなく、コンプレッサ１２に直接戻すためのバイパス弁６２を設けたものである。

【００２７】 以下、本実施形態の作用を説明する。

【００２８】 ヘリウムガスが液化されて戻りガスの量が減り、圧力計６０によって検出されるバッファタンク４０の圧力が、ある許容値、例えば $1.8 \text{ kg f / cm}^2 \text{ G}$ 以下になると、バイパス弁６２が開かれ、予冷状態になる。従って、ＪＴ弁２８から放出されるガス（液）の量が同じであるとする、バイパス弁６２側へのガス流量が増えるため、冷凍機２２への戻りガスが減り、冷凍機２２があまり冷却されなくなるため、その液化効率が低下する。すると、クライオスタット３０に溜まりかけたヘリウムが蒸発して、バッファタンク４０に回収される。これにより、バッファタンク４０の圧力が許容値以上になると、再びバイパス弁６２が閉じて、液化が始まるといった平衡状態が維持できる。

【００２９】 従って、バッファタンク４０の圧力が減らないので、コンプレッサ１２自体のインターロック（例えば停電）が発生しない限り、コンプレッサ１２の停止や、これに伴う冷凍機システムの再立ち上げといった手間を防ぐことができる。

【００３０】 本実施形態における、予冷時、液化時のバッファタンク圧正常時及び低下時の、予冷弁３８、ＲＴ弁３６及びバイパス弁６２の開閉状態を図７に示す。

【００３１】 このようにして、何らかの要因によるバッファタンク４０の圧力低下により、コンプレッサ１２が停止してしまうことを防ぐことができ、且つ、その瞬間（例えば夜中）にその場に居合わせず、事象発見後でも、十分対処が可能となる。

【００３２】 本実施形態においては、予冷弁３８と並列にバイパス弁６２を設けているので、本発明による制御が簡略である。なお、バイパス弁６２を設けることなく、予冷弁３８自体を自動制御弁に変え、前記圧力計６０の出力により該予冷弁３８自体を電氣的に開閉制御す

るように構成することも可能である。この場合には、別体のバイパス弁を設ける必要がないので、構成が簡略である。

【0033】

【発明の効果】本発明によれば、バッファタンクの圧力が低下すると、冷凍機の能力が低下し、低压ラインの圧力が上昇するため、バッファタンクの圧力が元に戻る。従って、バッファタンクの圧力低下によるコンプレッサの停止を防ぐことができ、安全性を確保しつつ、コンプレッサの突然の停止による面倒な復旧作業や、コンプレッサの突然の停止を防ぐためのバッファタンク圧力の監視が不要となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のヘリウム液化装置の全体構成を示す管路図

【図2】前記ヘリウム液化装置の冷凍機の構成を示す管路図

【図3】同じくクライオスタットの構成を示す断面図

【図4】同じく予冷弁及びリターン弁の開閉状態を示す図表

【図5】同じく液化時の被冷却物温度の変化状態の例を

示す線図

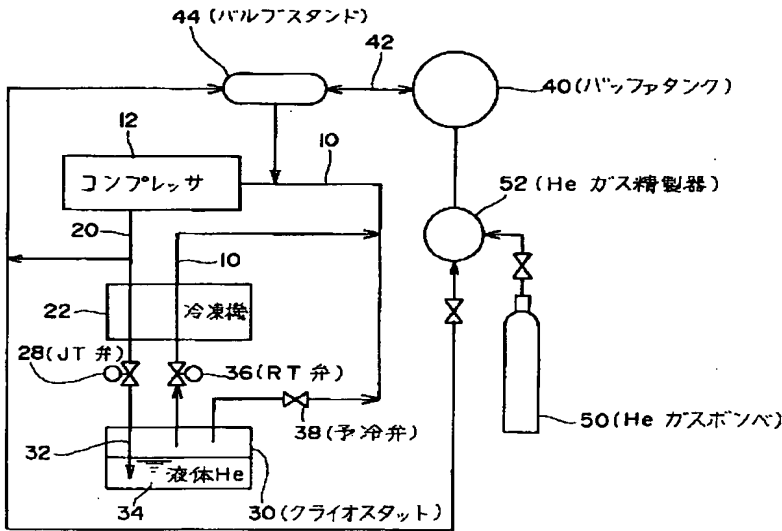
【図6】本発明に係るヘリウム液化装置の実施形態の構成を示す管路図

【図7】同じく予冷弁、リターン弁及びバイパス弁の開閉状態を示す図表

【符号の説明】

- 10…低压ライン
- 12…コンプレッサ
- 20…高压ライン
- 22…冷凍機
- 28…ジュール・トムソン弁（JT弁）
- 30…クライオスタット
- 34…貯液部
- 36…リターン弁（RT弁）
- 38…予冷弁
- 40…バッファタンク（中圧タンク）
- 42…中圧ライン
- 44…バルブスタンド
- 60…圧力計
- 62…バイパス弁

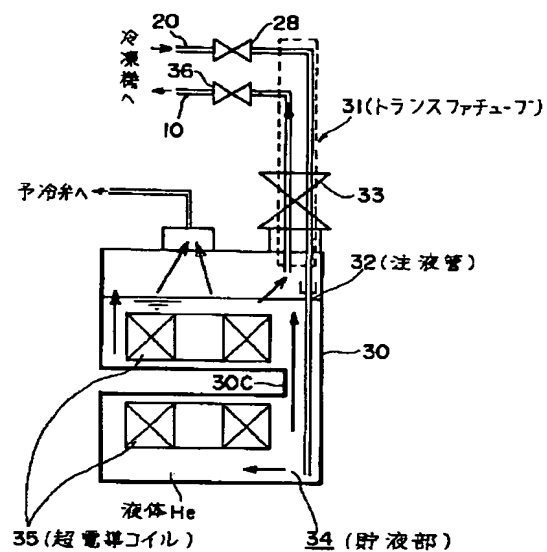
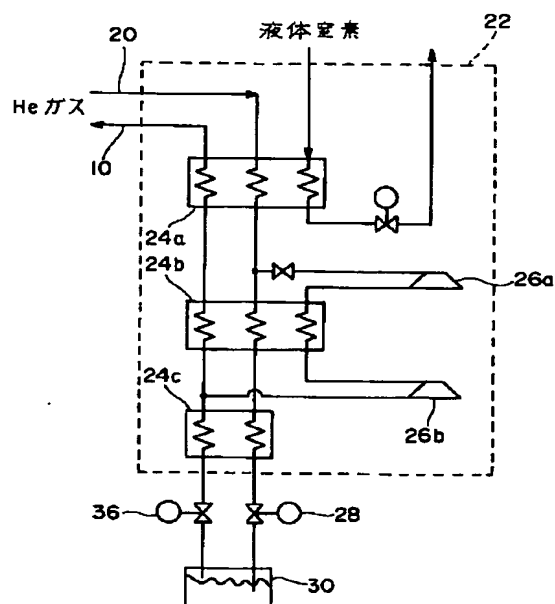
【図1】



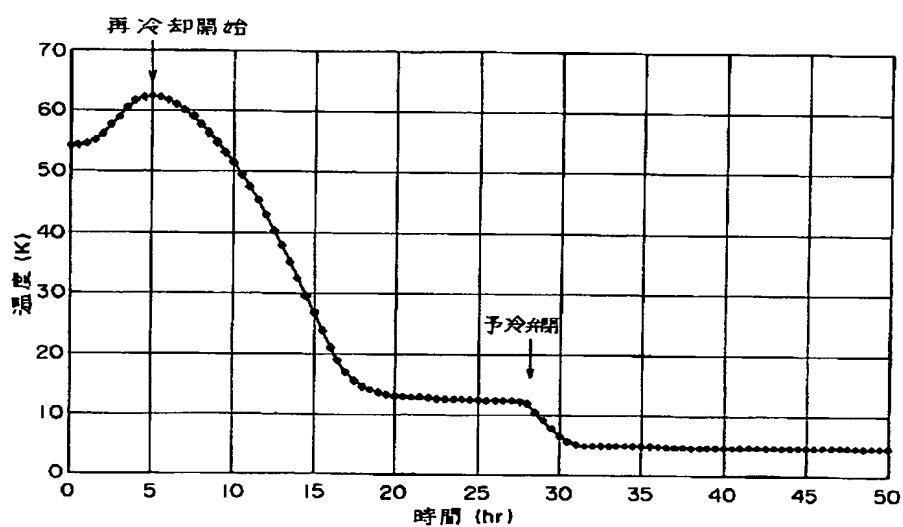
【図4】

	予 冷 弁	リター-ン(RT)弁
予 冷 時	ほぼ"閉" (全流量の50%程度)	ほぼ"閉" (全流量の20%程度)
液 化 時	"閉" (2%程度以下程度)	"閉" (全流量の90%以上)

【図 3】



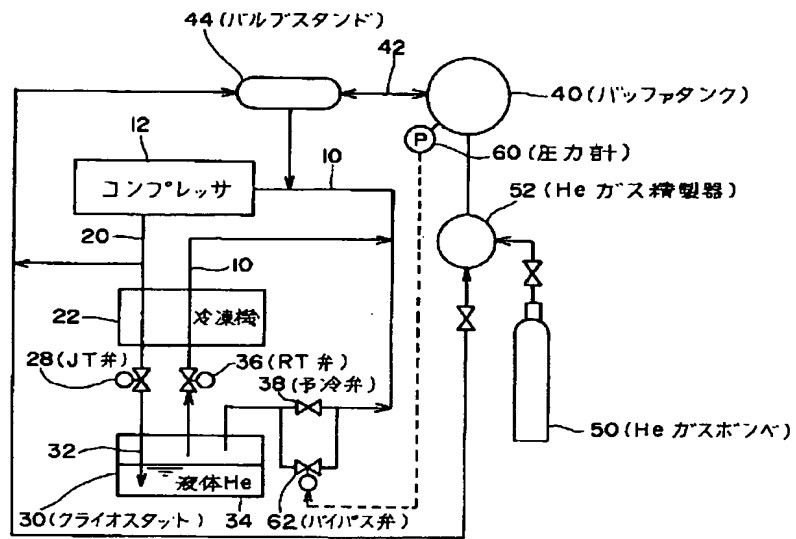
【図 5】



【图 7】

		予冷弁	リターン(RT)弁	バイパス弁
予冷時		はは ² 南 (全流量の80%程度)	はは ² 南 (全流量の20%程度)	開
減化時	タンク圧正常時	閉	開	閉
	タンク圧低下時	閉	開	開

【図6】



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.